

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



**ŘEŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ**

**ERGONOMICS WELDING WORKPLACE SOLUTIONS**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Jan Drázský

Květen 2013

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA STROJNÍ**

Katedra vozidel a motorů



Obor: B2341 Strojírenství

Zaměření: 2302E022 stroje a zařízení

Dopravní stroje a zařízení

## **ŘEŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ**

## **ERGONOMICS WELDING WORKPLACE SOLUTIONS**

Bakalářská práce

KVM – BP – 287

Jan Drázký

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Konzultant bakalářské práce: Ing. Vlastimil Šebrle – Behr Czech s.r.o.

Počet stran: 52

Počet obrázků: 31

Počet příloh: 1

Počet výkresů: 23

Květen 2013

## OFICIÁLNÍ ZADÁNÍ

## **ŘEŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ**

### **Anotace:**

V této bakalářské práci se jedná o ergonomické zlepšení pracovních poloh na ručním svařovacím pracovišti vzduchových chladičů ve firmě Behr Czech s.r.o. Práce obsahuje teoretické poznatky z ergonomie, současnou analýzu svařovacího pracoviště a varianty vlastního návrhu zlepšení. Ke zvolenému návrhu je zhotovena výkresová dokumentace.

### **Klíčová slova:**

Ergonomie

Svařovací pracoviště

Pracovní polohy

## **ERGONOMICS WELDING WORKPLACE SOLUTIONS**

### **Annotation:**

This bachelor work describes ergonomics improvement of working positions at manual welding of the air coolers in the company Behr Czech sro. The work includes theoretical knowledge of ergonomics, the current analysis of the welding workplace and variants of own design improvements. For the selected proposal there is drawing documentation available.

### **Key words:**

Ergonomics

Welding workplace

Working positions

Desetinné třídění:

Zpracovatel:

TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů

Dokončeno:

2013

Archivní označení zprávy

### **Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovanou úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V ..... Dne .....

Podpis .....

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi a panu Ing. Vlastimilu Šebrlemu za cenné rady, připomínky a vynikající přístup týkající se zpracování bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval zaměstnancům firmy Behr Czech s.r.o. za jejich spolupráci a trpělivost při analýzách pracoviště a také děkuji své rodině a přátelům za jejich optimistické názory.

## Obsah

ÚVOD.....	10
PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	11
1. SOUČASNÝ STAV.....	13
1.1 Definice ergonomie.....	13
1.1.1 Význam ergonomie.....	13
1.1.2 Rozdělení ergonomie.....	14
1.2 FYZICKÁ ZÁTĚŽ.....	15
1.2.1 Lokální svalová zátěž.....	16
1.3 METODY MĚŘENÍ LOKÁLNÍ SVALOVÉ ZÁTĚŽE.....	17
1.3.1 Měření pomocí jednoduchých tenzometrů bez kontinuálního časového záznamu.....	17
1.3.2 Měření pomocí tenzometrické aparatury s kontinuálním časovým záznamem.....	17
1.3.3 Měření pomocí integrované elektromyografie.....	17
1.4 MANIPULACE S BŘEMENY.....	19
1.4.1 Nesprávná manipulace s břemeny.....	19
1.4.2 Správná manipulace s břemeny.....	20
1.5 HODNOCENÍ PRACOVNÍCH POLOH.....	21
1.5.1 Hodnocení trupu.....	21
1.5.2 Hodnocení polohy krku a hlavy.....	22
1.5.3 Hodnocení horních končetin.....	23
1.6 MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY.....	24
1.6.1 Základní rozdělení hodnocení mikroklimatických podmínek.....	24
1.7 ANALÝZA SVAŘOVACÍHO PRACOVÍŠTĚ.....	25
1.7.1 Operace 1 – Dodání chladiče na svařovací pracoviště.....	26
1.7.2 Operace 2 – Svařování metodou MIG.....	27
1.7.3 Operace 3 – Svařování metodou TIG.....	30

1.7.4 Operace 4 – Zkouška těsnosti.....	31
1.7.5 Operace 5 – Balící předpis.....	33
2. NÁVRH ŘEŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ.....	35
2.1 POŽADAVKY KLADE NÉ NA ERGONOMII SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ.....	35
2.2 TECHNICKÉ ZÁZEMÍ SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ.....	35
2.3 NÁVRH ZLEPŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ.....	35
2.3.1 Řešení 1 – Rotace zaměstnanců.....	36
2.3.2 Řešení 2 – Použití balancéru.....	37
2.3.3 Řešení 3 – Ergonomické uspořádání pracoviště.....	41
2.3.4 Řešení 4 – Manipulační vozík pro přesun vzduchového chladiče.....	46
3. VOLBA VHODNÉ VARIANTY.....	49
4. ZÁVĚR.....	50
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52



## **Seznam použité terminologie**

<i>EMG</i>	Elektromyografie
<i>MIG</i>	Svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře za pomoci inertních plynů
<i>TIG</i>	Svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu
<i>LAYOUT</i>	Plán
<i>DPH</i>	Daň z přidané hodnoty (21%)

## Seznam použitých symbolů a jednotek

$\%F_{max}$  Je maximální síla, kterou je schopen jedinec dosáhnout při maximálním úsilí

$p$  [Pa] Tlak

$m$  [kg] Hmotnost

$S$  [ $m^2$ ] Obsah plochy

## ÚVOD

Ergonomické uspořádání pracovišť je jedním z nejdůležitějších aspektů správného, bezproblémového a hlavně bezúrazového chodu firem. Moderní doba nese za následek vysokou poptávku po automobilových komponentech, a proto firmy mnohdy chtějí vyhovět širokému spektru poptávek a navyšují normy, bez ohledu na ergonomii pracovního prostředí. Nesprávná ergonomie pracovišť vede k častým poraněním, nízké produktivitě práce a nekvalitnosti výrobků.

Má bakalářská práce vznikla ve spolupráci s firmou Behr Czech s.r.o. se sídlem v Mnichově Hradišti v rámci šetření nemoci z povolání. Cílem mé bakalářské práce je navrhnout možná zlepšení ergonomie svařovacího pracoviště na lince Scania a docílit tak zmenšení nebo odstranění lokální svalové zátěže, která vzniká u svařování vzduchových chladičů nákladních automobilů.

## PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI BEHR CZECH s.r.o.



*Obr. 1 Společnost BEHR Czech s.r.o.*

Behr Czech s.r.o. je hlavním výkonným výrobním závodem chladicí techniky a jejích komponentů pro vozy značek Audi, BMW, Daimler, Ford, GM, Iveco, John Deere, Magna Steyr, MAN, Porsche, Seat, Scania, Škoda, Volvo, VW.

Firma Behr Czech s.r.o. zaměstnává kolem 1080 zaměstnanců a její roční obrát činí přes 7 Mld. Kč. Firma založená v roce 2000 našla své sídlo v Mnichově Hradišti a je dosud nejrychleji se rozvíjejícím Behr závodem. Díky vysoké kvalitě výrobků se firma řadí k důležitým podnikům v rámci skupiny Behr a je držitelem důležitých certifikátů.

### Normy, kterými se společnost řídí:

- *OHSAS 18001 – Systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*
- *ČSN EN ISO 14001:2005 – Systémy environmentálního managementu*
- *ISO/TS 16949:2008 – Systém managementu jakosti v automobilovém průmyslu*
- *ČSN EN ISO 9001:2008 – Systému managementu kvality*

*Tabulka 1: Výrobky*

Výrobek	Popis výrobku	Obrázek
Kondenzátor	<i>Je tepelný výměník, ve kterém probíhá kondenzace par chladicího média vysoké teploty a tlaku do kapalné fáze. Kondenzátor je umístěn před nebo vedle chladiče.</i>	
Chladič	<i>Je tepelný výměník, který slouží k ochlazování chladicí kapaliny z motoru.</i>	
Výparník	<i>Je tepelný výměník, který je součástí chladicího cyklu. Ochlazuje a vysušuje procházející vzduch.</i>	
Klimatizační jednotka	<i>Je srdcem klimatizace, kde se setkávají vzduchový, chladicí a topný okruh. Jejími hlavními částmi jsou ventilátor, skříň upravující pomocí výparníku a topného tělesa teplotu a vlhkost vzduchu a distributor rozděluje upravěný vzduch do prostoru.</i>	
Topné těleso	<i>Je tepelný výměník, který je napojen na vodní topný okruh. Ohřívá upravovaný vzduch teplem, které je odebíráno z motoru.</i>	

Firma, založena v roce 1905 Juliem F. Behrem v německém Stuttgartu, patří dnes k nejúspěšnějším přímým dodavatelům. Behr je velmi dynamický podnik s tradicí, který působí v 17 vývojových centrech, 30 výrobních závodech a 13 podílových společnostech, kde pracuje téměř 20 000 zaměstnanců po Evropě, Jižní a Severní Americe, Jihoafrické republice a Asii.

## **1. SOUČASNÝ STAV**

V současné době jsou na výrobní pracoviště kladené velmi vysoké nároky, které musejí mnohdy splňovat i ty nejprísnější normy, jak z hlediska bezpečnosti při práci, logistice, tak z hlediska ergonomie práce. S rostoucími požadavky na výrobky rostou neúměrně požadavky na obsluhu. Obsluha většinou v osmihodinových pracovních směnách je v některých případech až nadlimitně zatěžována a s kombinací neergonomických pohybů a klimatických podmínek dochází k velké únavě celého těla. Tato celková únava se projevuje bolestmi zad, hlavně v oblasti kříže, bolesti horních a dolních končetin, přehřívání organismu, dehydratace, a jako celek, tvoří velké fyzické a také psychické zatížení.

### **1.1 Definice ergonomie**

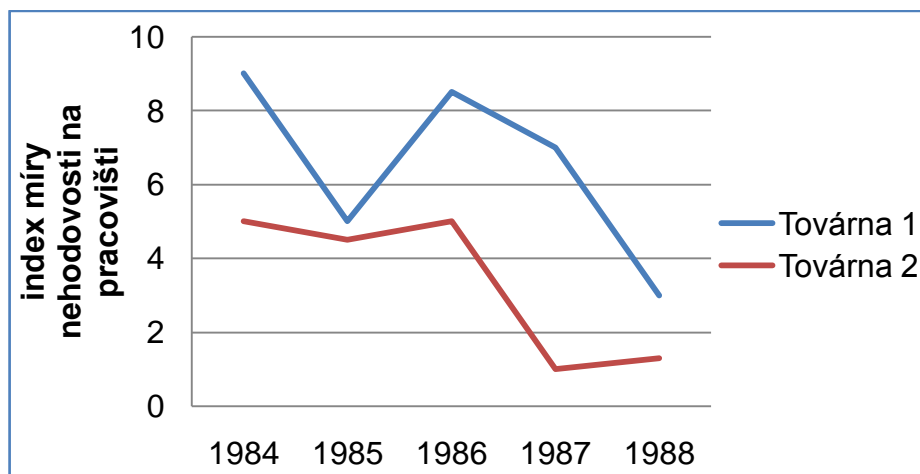
Pojem ergonomie, je převzatý (z řečtiny ergon = práce a nomos = zákon) je to věda zabývající přizpůsobení pracovních podmínek výkonnostním možnostem člověka. Ergonomie, jako interdisciplinární věda, využívá pracovního lékařství, hygieny práce, epidemiologie nemocí z povolání, ale i civilizačních nemocí, sociologie, obecné psychologie a psychologie práce, pracovní fyziologie a statistiky. Ergonomie, ve svém pojmu zahrnuje i architekturu, vnitřní a vnější pracovní prostředí, barevné uspořádání prostoru, strojů i nástrojů a také využívá poznatků z akustiky, z osvětlování pracovišť, atd. [1]

#### **1.1.1 Význam ergonomie**

Ergonomie je neustále na seznamu zlepšování, neboť ergonomické faktory výrazně ovlivňují produktivitu na každém pracovišti. Pro ilustraci vlivů ergonomie, je ve zkratce uvedeno několik příkladů z praxe.

- V roce 1986 zavedla společnost Goodyear ve svých dvou výrobnách ergonomický program na zvýšení bezpečnosti na pracovišti. Po následném zavedení programu došlo k výraznému poklesu nehodovosti, a proto se na některých odděleních zvýšila produktivita až o 60%.
- Studie provedená Rossettim v roce 1994, která se zabývá vlivem pozice ruky a přesnosti vykonané práce. Naopak výzkum potvrzuje, že komfort pozice ruky má vliv na chyby při vykonávání práce.

Tabulka 2 – Přínos ergonomie



### 1.1.2 Rozdělení ergonomie

Podle mezinárodní ergonomické společnosti se ergonomie dělí na tři základní oblasti.

Jako první základní oblast je Fyzická ergonomie, zabývá se lidskou anatomií, biomechanickou charakteristikou a fyzickou aktivitou člověka. Patří sem např. problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny, opakovatelné pracovní činnosti, uspořádání pracoviště, profesionálně podmíněná onemocnění, hlavně pohybového aparátu a bezpečnost práce.

Kognitivní (psychická) ergonomie se zabývá psychologickými aspekty jako paměť, usuzování a motorické reakce. Patří sem psychická zátěž, rozhodování, dovednosti a výkonnost.

Poslední třetí základní oblastí je Organizační ergonomie. Zaměřuje se na optimalizaci systému, včetně jejich organizační strukturou. Patří sem lidský systém v komunikaci, zajištění pocitu komfortu, týmová práce, režim práce a odpočinku.

## 1.2 FYZICKÁ ZÁTĚŽ

Fyzické zatížení člověka vyplývá z kterékoliv činnosti, kterou je vykonávána. Jestliže člověk vynaloží určitý objem energie, tím pádem zvýší svůj metabolismus nad základní hodnotu a dochází tak k fyzické zátěži. Čím více je práce fyzicky náročnější, tím dochází k vyšší přeměně. Fyzickou zátěž dělíme na dynamickou a statickou. Při dynamické zátěži se napětí svalu nemění, ale mění se délka svalu, naopak při statickém se mění napětí svalu, ale délka svalu zůstává nezměněna

DYNAMICKÁ ZÁTĚŽ	
Zdroj	Příklad činnosti
1. Stereotypie	Trvalé zásobování stroje materiálem, stálé odebírání obrobků. Proudová a pásová výroba. Zatížení stále stejných svalových skupin. Vnucené pracovní tempo. Minimum psychické zátěže
2. Složitá koordinace	Obtížně naučitelné dynamické pohybové stereotypy. Koordinace rukou a nohou při manipulaci s ovládači.
3. Velká přesnost	Jemné montážní práce. Manipulace s přesnými ovládači.
4. Nepřiměřená dráha	Manipulační roviny v různých místech pracovního prostoru. Trvalé přecházení, nevhodné rozmístění součástí
5. Velká hmotnost	Výrobků, nástrojů, pomůcek, palet, náradí, přístrojů, odpadu, materiálu apod.
6. Velká síla	Při obsluze ovládačů, náradí a nástrojů, transportních prostředků
7. Rozložení pohybů	Nepravidelné střídání fáze klidu a zvýšené pohybové aktivity

STATICKÁ ZÁTĚŽ	
Zdroj	Příklad činnosti
8. Poloha	Trvalé stání na obou nebo jedné noze. Trvalý sed, nemožnost změny polohy
9. Extrémní poloha	V předklonu, shybu, úklonu, pootočení, kleku, výponu. Práce nad hlavou apod.
10. Držení	Držení předmětů, ovládačů, nástrojů, pomůcek. Transport
11. Prostorové omezení	Nemožnost pohybu ve stížených prostorách (nohy, kabiny, dopravní prostředky)
12. Nesení	Zatížení trupu, hlavy, nohou apod. břemenem, prac. Pomůckou, přístrojem apod.



### 1.2.1 Lokální svalová zátěž

Je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami. Tato svalová zátěž je dána směnovými a zátěžovými limity, které se vyhodnocují pomocí  $\%F_{max}$ , kde „ $\%F_{max}$ “ je maximální svalová síla, kterou je schopen jedinec dosáhnout při maximálním volním úsilí vynakládaném konkrétními svalovými skupinami v definované pracovní poloze.

S lokální svalovou zátěží se lze setkat ve velkosériových procesech, kde často dochází k opakování operací, u kterých vzniká statické namáhání svalstva.

Hodnotí-li se lokální svalová zátěž je zapotřebí zjistit a posoudit vynakládané svalové síly, počty pohybů a pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce. Limity jsou vztahovány na průměrnou osmihodinovou směnu. Tyto limity jsou zobrazeny v *tabulce 3*.

*Tabulka 3 - Příпустné hygienické limity pro průměrnou směnovou časově váženou hodnotu  $\%F_{max}$*

<i>PŘÍPUSTNÉ HODNOTY V <math>\% F_{max}</math> PRO MUŽE A ŽENY PŘI PRÁCI S PŘEVAHOU:</i>	
<i>Převážně dynamické složky</i>	<i>Převážně statické složky</i>
<i>Celosměnově průměrné</i>	<i>Celosměnově průměrné</i>
<i>30</i>	<i>10</i>

*Poznámka k tabulce 3:*

*$\%F_{max}$  je maximální svalová síla, kterou je schopen jedinec dosáhnout při maximálním úsilí.*

*Statickou složkou se rozumí zátěž bez pohybu při svalovém stahu v délce trvání 3 sekund a více.*

*Převaha statické práce znamená, že statické úkony jsou prováděny v průměrné osmihodinové směně po dobu delší než 4 hodin.*

### **1.3 METODY MĚŘENÍ LOKÁLNÍ SVALOVÉ ZÁTĚŽE**

#### **1.3.1 Měření pomocí jednoduchých tenzometrů bez kontinuálního časového záznamu.**

Měření tahů, tlaků pák a rukojetí, pomocí momentových klíčů, dynamometrů. Tato metoda slouží pro jednoduché měření pracovní činnosti.

#### **1.3.2 Měření pomocí tenzometrické aparatury s kontinuálním časovým záznamem.**

Tenzometr je pasivní elektrotechnická součástka používána k nepřímému měření mechanického napětí na povrchu součásti prostřednictvím měření její deformace. Jsou to pasivní čidla nalepená na povrchu součásti (páskové tenzometry) nebo pevně spojená s měřeným tělesem (průmyslové tenzometry pro váhy), který převádějí mechanickou deformaci na změnu elektrického odporu. Tenzometr tak spolupracuje také s časovým záznamem a během měření jsou data postupně ukládána do aparátu, kde jej systém následně vyhodnotí. Tento způsob měření se používá pro méně přesné měření.

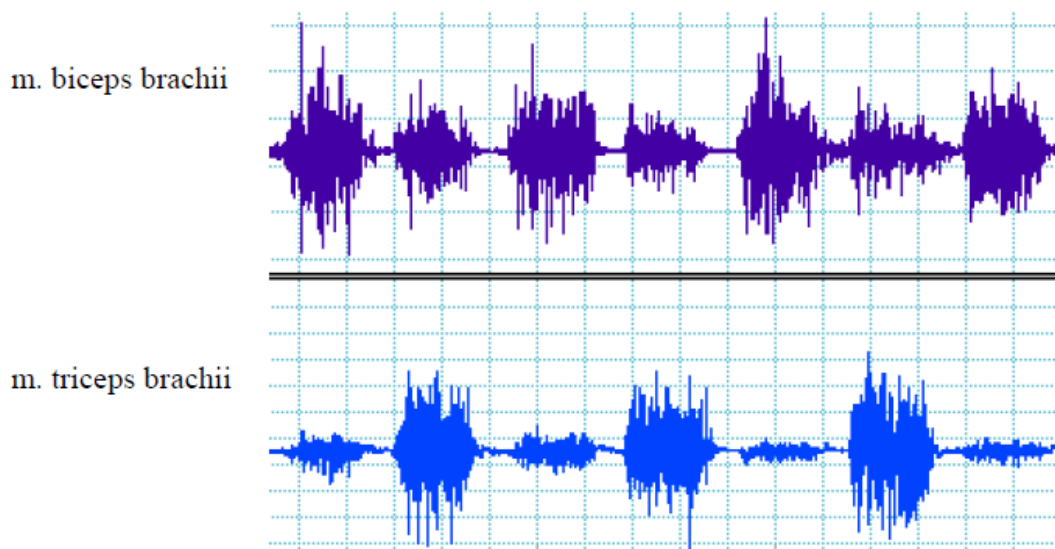
#### **1.3.3 Měření pomocí integrované elektromyografie**

Při měření lokální svalové zátěže ve firmě Behr Czech s.r.o. byla použita tato metoda, z důvodu velmi přesných výsledků, díky kterým se dá bezpečně stanovit nejkritičtější místa a největší námahu při práci.

Elektromyografie je nejpřesnější metoda pro měření elektrické aktivity svalu a nervu, který daný sval řídí. Výsledkem elektromyografického vyšetření je elektromyogram. EMG lze registrovat buď jehlovými elektrodami zavedenými skrz kůži do svalu, nebo povrchovými elektrodami umístěnými na kůži nad bříškem svalu. EMG také poskytuje informaci o vzorci a dynamice svalové aktivity při komplexních pohybech. Jednotlivé motorické jednotky pálí nesynchronně a při slabých svalových kontrakcích lze v EMG někdy zaznamenat i příspěvky jednotlivých motorických jednotek. Celkový snímaný signál je zesílen diferenciálním

zesilovačem, filtrován, celovlnně usměrněn, integrován, a průběžně ukládán do paměti. Následně je vypočtena jejich průměrná hodnota, která je ukládána do paměti přístroje.

Výsledky měření a hodnocení jsou porovnány s limity danými vládním nařízením č. 361/S007 Sb. V platném znění, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.



*Obr. 2 EMG z m. biceps a m. triceps brachii při střídavých kontrakcích*

Pro posouzení lokální svalové zátěže je nutné posouzení více kritérií ve vzájemné souvislosti, jednostrannosti a dlouhodobosti. Za dlouhodobost lze považovat dobu poškozování, která vylučuje úrazový mechanismus. Kritéria jednostrannosti jsou posuzována vždy ve vzájemné souvislosti a vypovídají o poměru vynakládaných sil k jejich časovému průběhu z hlediska zátěže stejných anatomických struktur.

Hodnocení lokální svalové zátěže zahrnuje zejména:

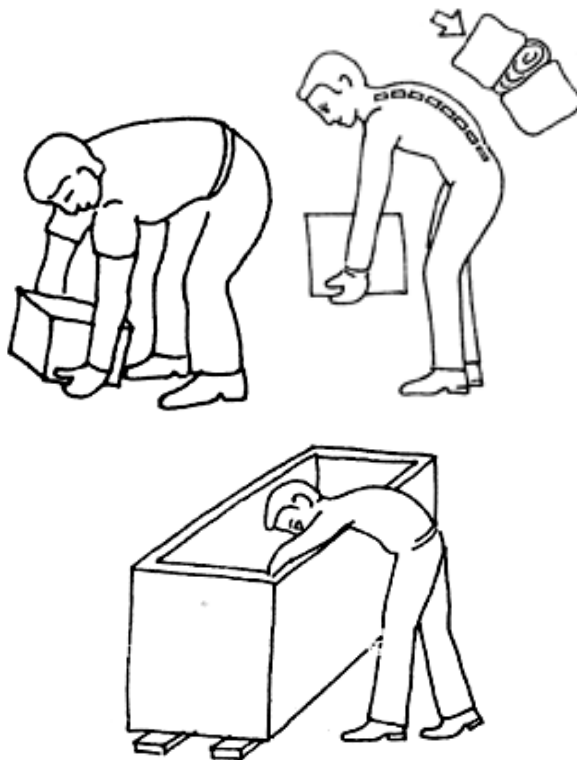
- Popis práce se sledováním časových faktorů práce
- Rozbor režimu práce uvnitř pracovních operací, délku trvání úkonů.
- Zaujímání nefyziologických pracovních poloh.
- Vyhodnocení podílu zátěže svalstva malých svalových skupin na celkové zátěži.
- Vytipování nárazových prací s velkou silovou zátěží.

## 1.4 MANIPULACE S BŘEMENY

Je to určitá fyzická zátěž, u které dochází v porovnání s ostatními zátěžovými složkami k nejvíce úrazům. Obvyklým úrazem při zvedání břemen je úraz zad, hlavně v oblasti kříže, kdy při zvedání se nedbá ergonomických pohybů a může tak dojít až k nalomení ploténky.

### 1.4.1 Nesprávná manipulace s břemeny

Při nesprávném zvedání břemene z podlahy, tj. z předklonu, se mnohonásobně zvětší tlak na bederní ploténky a hrozí nebezpečí vyhręznutí ploténky. Při nepříznivé poloze je tlak asi 61 kg: při zvedání z podřepu je to 206 kg a při předklonu až 720 kg. Manipulace s břemeny s ostrými hranami, je vždy spojena se značným nebezpečím vzniku pracovního úrazu (zranění paží, rukou nebo obličeje). Je proto nutné, používat ochranné pracovní prostředky (zástěra, obličejevý štít, rukavice, obuv), které je zaměstnavatel povinen dodat.



*Obr. 3 Nesprávná manipulace s břemeny*

### 1.4.2 Správná manipulace s břemeny

Jak už jsem uvedl v předchozím článku, tak nejhůře při manipulaci s břemeny jak při zvedání, tak u pokládání břemena je na tom páteř. Nejkritičtější částí páteře jsou meziobratlové ploténky, které jsou mezi jednotlivými obratli. Při dlouhodobém zatěžování v nepříznivém postavení se mohou meziobratlové ploténky opotřebovat a může dojít k nepravidelnému poškození a tím k bolestem zad, a proto je důležité dbát správné manipulace.

Je-li břemeno, které je uloženo na zemi bez madel, je důležité břemeno zvedat v podřepu a je-li břemeno rozměrnější, je nutné zvedat břemeno současně oběma rukama. Optimální dráha při zdvihání a ukládání břemene je při stoji v rozmezí výšky ramen a zápěstí. Časté zdvihání břemen nad rameno, či zvedání z úrovně pod výškou zápěstí výrazně zatěžuje pohybový systém.

Při nakládání a vykládání břemen z boxů, je dobré používat boxy, které jdou naklonit, nebo vyklonit přední stranu, aby nedocházelo k nadměrnému ohýbání.

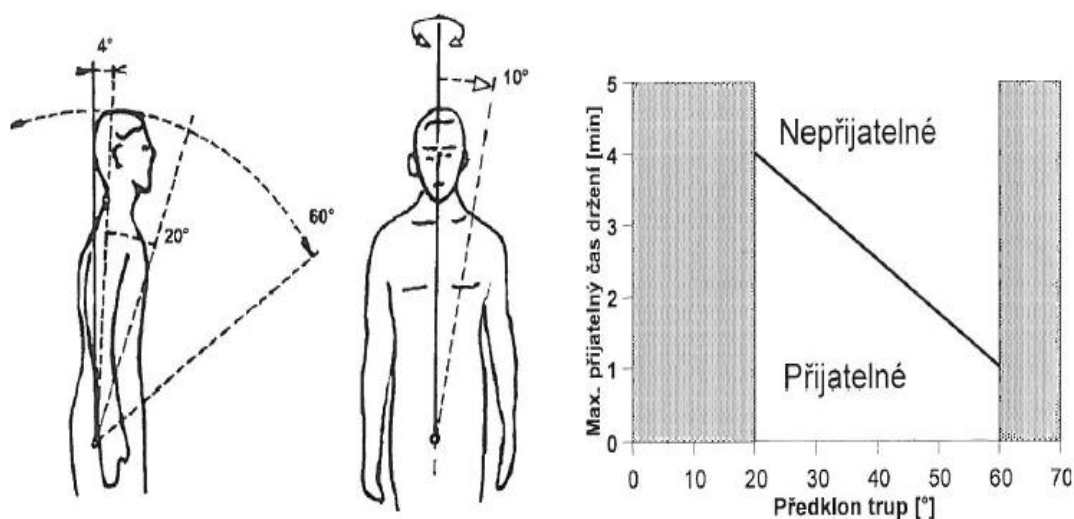


*Obr. 4 Správná manipulace s břemeny*

## 1.5 HODNOCENÍ PRACOVNÍCH POLOH

### 1.5.1 Hodnocení trupu

Při hodnocení polohy trupu se vychází z polohy páteřního výrůstku sedmého krčního obratle a horní hrany velkého chocholíku, které definují neutrální polohu. Úhly pro hodnocení polohy trupu jsou pak vztaženy k vertikální rovině. Úhel mezi rovinou procházející trupem v neutrální poloze a vertikální rovinou je  $4^\circ$ .



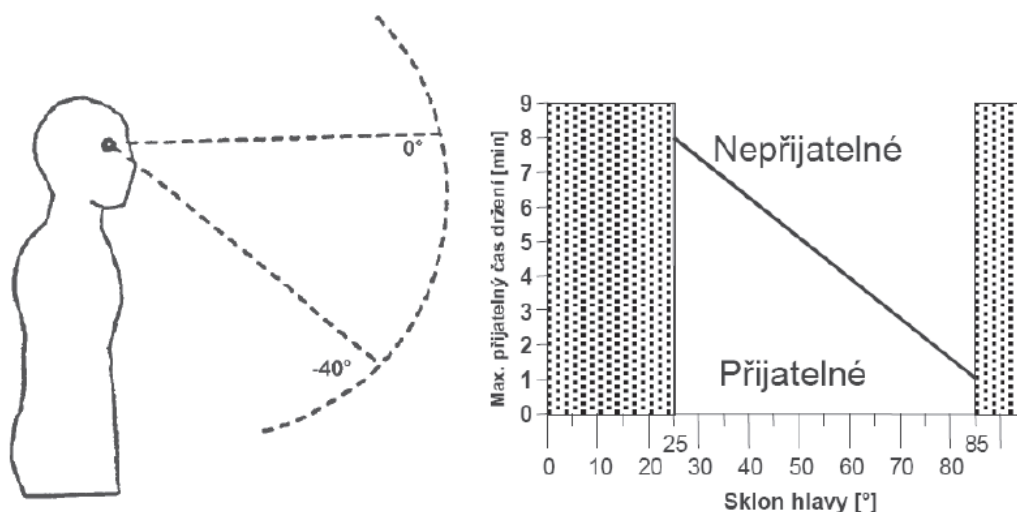
Obr. 5 Optimální poloha trupu

NEPŘIJATELNÁ POLOHA	
Statická poloha trupu	Záklon trupu větší než $60^\circ$ Záklon bez opory celého těla Výrazný úklon či pootočení trupu větší než $20^\circ$
Dynamická poloha trupu	Předklon trupu větší než $60^\circ$ při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2 min. Výrazný úklon trupu či pootočení větší než $20^\circ$ při frekvenci pohybů $> 2$ min.
PODMÍNĚNĚ PŘIJATELNÁ POLOHA	
Statická poloha trupu	Předklon trupu $40^\circ - 60^\circ$ bez opory trupu Záklon trupu s oporou těla Výrazný úklon či rotace větší $10^\circ$ a menší než $20^\circ$
Dynamická poloha trupu	Předklon trupu větší než $60^\circ$ při frekvenci pohybů menší než 2 min. Výrazný úklon trupu do stran větší než $20^\circ$ při frekvenci pohybů menší než 2 min. Záklon trupu při frekvenci pohybů menší než 2 min.

Pozn.: Velký chocholík je významný orientační bod na dolní končetině

### 1.5.2 Hodnocení polohy krku a hlavy

Při hodnocení krku a hlavy se vychází buď z úhlu pohledu (při poloze trupu v neutrální poloze), tj. z velikosti úhlu pod horizontální rovinou oka, nebo z velikosti úhlu sklonu hlavy a krku k vertikální rovině.

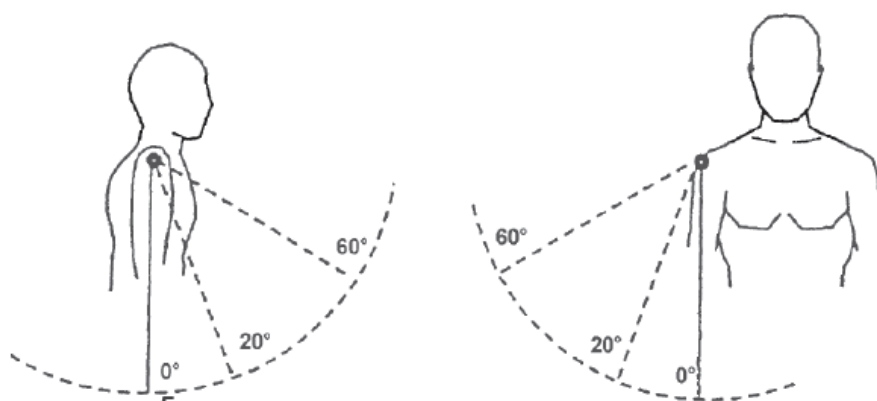


Obr. 6 Sklon hlavy

NEPŘIJATELNÁ POLOHA	
Statická poloha trupu	Předklon hlavy větší než 25° bez podpory trupu. Záklon hlavy bez opory celé hlavy. Úklon a rotace hlavy větší než 15°.
Dynamická poloha trupu	Úklon a rotace hlavy větší než 15° s frekvencí pohybů větší nebo rovné 2 min. Předklon hlavy větší než 25° při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2 min.
PODMÍNĚNĚ PŘIJATELNÁ POLOHA	
Statická poloha trupu	Předklon hlavy 25° - 40° s podporou celého trupu
Dynamická poloha trupu	Předklon hlavy 25° - 40° při frekvenci pohybů menší než 2 min. Záklon hlavy do 15° při frekvenci pohybů menší než 2 min. Úklony a rotace hlavy do 15° s frekvencí menší než 2 min.

### 1.5.3 Hodnocení horních končetin

Při hodnocení se vychází ze dvou bodů na horní končetině, tj. vnější části klíční kosti a loketního kloubu. Vzpažení horní končetin je definována jako úhel, který svírá končetina v pracovní poloze vzhledem k neutrální poloze paže. Neutrální poloha je poloha končetiny volně visící podél těla.



Obr. 7 Optimální poloha horních končetin

NEPŘIJATELNÁ POLOHA	
Statická poloha trupu	Nevhodná poloha paže (zpětné ohnutí paže, krajní zevní rotace paže, zvednuté rameno) a extrémní polohy kloubů horních končetin. Vzpažení paže větší než 60°.
Dynamická poloha trupu	Vzpažení paže větší než 60° při frekvenci pohybu větší nebo rovné 2 min. Zapažení při frekvenci pohybu větší nebo rovné 2 min. Polohy kloubů v rozsahu, který se blíží maximálním rozpětím s frekvencí pohybů větší nebo rovné 2 min.
PODMÍNĚNĚ PŘIJATELNÁ POLOHA	
Statická poloha trupu	Vzpažení paže 40° - 60°, jestliže paže není podepřena.
Dynamická poloha trupu	Vzpažení paže 40° - 60° při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2 min. Zapažení při frekvenci pohybu menší než 2 min. Polohy kloubů v rozsahu, který se blíží maximálním rozpětím s frekvencí pohybů menší než 2 min.



## 1.6 MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY

Jsou to podmínky, které vznikají uvnitř hal, kanceláří, a na specifických místech jako může být svářečské pracoviště. Mikroklimatické podmínky jsou dány vlhkostí vzduchu, rychlostí proudění vzduchu a barometrickým tlakem.

Tyto fyzikální veličiny vymezují subjektivní pocit pohody, či nepohody a v extrémních případech, lze posuzovat jako teplotní vliv s negativními následky na zdraví člověka.

Na místech, jako jsou lisovny, pece, či jiné stroje je teplota vzduchu obvykle vyšší než v jiných částech haly. Takovéto prostory, by měly být vybaveny nuceným větráním a na pracovištích se zvýšenou hodnotou škodlivin je nutné zařídit lokální odvětrávání a zařídit dodávku čerstvého vzduchu. Mikroklimatické podmínky jsou součástí ergonomického rozboru pracoviště.

### 1.6.1 Základní rozdělení hodnocení mikroklimatických podmínek

**Pohoda**, resp. Tepelně neutrální pocit člověka. Nastane tehdy, není-li pociťováno ani teplo, ani zima, není pociťováno proudění vzduchu, vzduch v místnosti je na hodnotě vyhovující, tj. ani suchý, ani vlhký.

**Mírná nepohoda**, resp. Mírné chladno, nebo teplo. Takový to případ, je provázen nevýrazným pocitem chladu, nebo tepla, proudění vzduchu je pociťováno, ačkoliv není nutnost oděv změnit.

**Nepohoda**, resp. chladno, nebo teplo. Tato podmínka je vnímána jako výrazné chladno, nebo teplo a je doprovázena pocitem chladu, s oděvem příliš lehkým, nebo tepla s mírným pocením a s oděvem těžkým. Je snaha oděv měnit.

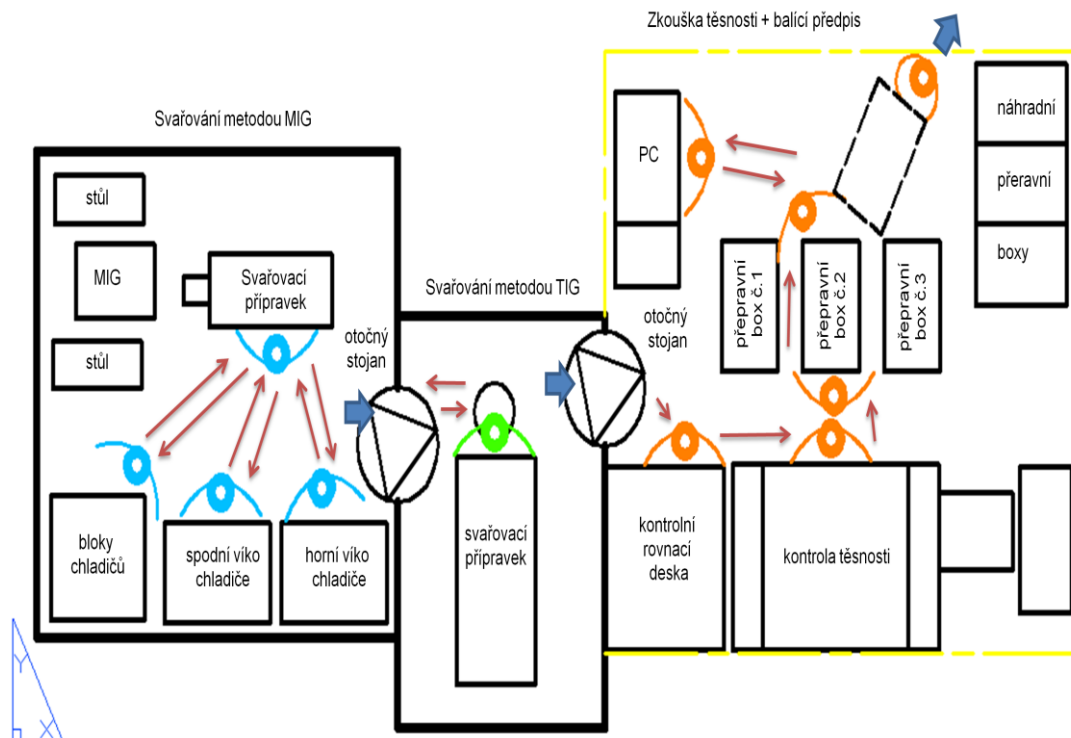
**Značná nepohoda**, resp. zima nebo horko, je provázena výrazným pocitem zimy (často s třesem) nebo horka s pocením, proudění vzduchu je pociťováno jako závan zimy nebo v horku také nepříjemně, neboť způsobuje nadměrné ochlazování částí těla s propoceným oděvem. Oděv je většinou pociťován jako zcela nevyhovující.

## 1.7 ANALÝZA SVAŘOVACÍHO PRACOVIŠTĚ

Při ergonomické analýze svařovacího pracoviště bylo zjištěno několik nepříznivých vlivů zejména v oblasti fyzické zátěže, a také v menším rozsahu v mikroklimatických podmínkách. Tyto vlivy mají negativní následky na obsluhu produktivitu práce a také na pracovní pohodu.

Cílem této práce je především řešení celkové ergonomie svařovacího pracoviště, do kterého patří hodnocení jak muskulárních faktorů přímo související s manuálními operacemi (pozice těla, zátěž na končetiny, síla nutná pro vykonání operace, aj.), tak v menší míře i mikroklimatické faktory (teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu, barometrický tlak).

Na Ručním svařovacím pracovišti, je zhotovováno osm různých druhů chladičů, které se liší jak rozměry, tak především jejich váhou. Svařovací pracoviště je složeno z pěti na sebe navazujících operací.



Obr. 8 Layout ručního svařovacího pracoviště na lince scania BEHR Czech s.r.o.

### 1.7.1 Operace 1 – Dodání chladiče na svařovací pracoviště.

Chladič je dodáván ve třech dílech v rozloženém stavu, horní a dolní víko, je dodáváno odlišně v papírových boxech o rozměrech 1200 mm x 1000 mm x 1000 mm, po šedesáti kusech. Samostatný blok chladiče je dodáván na speciálně vyrobeném vozíku po dvanácti kusech za sebou naskládaných. Dodání materiálu je provedená pomocí tzv. vlakařů Obr. 9. Elektrický vozík vybaven závěsným systémem, na který se postupně za sebou připojují vozíky v pořadí v jakém mají být vyloženy.

Operátor při této operaci koná práci ve stoje, s nastoupením a vystoupením z vozíku z výšky 20 cm a následným ohybem nepřesahující předklon 60° pro odpojení vozíku. Vozík pak následně odtlačí s rukama v optimální poloze 50°, na přesně stanovené místo. Při této operaci nevznikají nepříjemné polohy související s možnými bolestmi.

Operátor při Během pracovní směny se operátor pohybuje v různých částech výrobní haly, a proto není nijak přetěžován nadměrným teplem ani chladem. Tato operace se lze vyhodnotit jako „mírná nepohoda“.



Obr. 9 „Vlakař“ ve firmě Behr Czech s.r.o.

### 1.7.2 Operace 2 – Svařování metodou MIG

Měřením pomocí integrované elektromyografie Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem, bylo toto pracoviště naměřeno a vyhodnoceno jako nejrizikovějším z důvodu zjištění lokální svalové zátěže.

Svařování metodou MIG, je svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře za pomoci inertního plynu (helium, argon). Pro svařování je nutné zřídit specializované pracoviště, které musí splňovat bezpečnostní předpisy dané normou ČSN 05 0600.

Kompletace vzduchového chladiče se provádí na svařovacím pracovišti o  $24\text{ m}^2$ . Toto pracoviště je zabezpečeno ochrannými nehořlavými zástěnami po celém svém obvodu do výšky  $2\text{ m}$  proti ochraně okolí (odletování strusky, ozáření). Na pracovišti je z důvodu výskytu škodlivin zřízeno centrální nucené odvětrávání a čistý vzduch je tak dodáván i do svařovací kukly svářeče. Práce je vykonávána v třísměnném provozu v osmihodinových pracovních směnách ve stoje, bez možnosti sedu během svařování.

Chladič se skládá z bloku, horního a spodního víka, které je dodáno v papírovém boxu o rozměrech  $1200\text{ mm} \times 1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm}$ , po 60 kusech umístěné na přepravním vozíku ve výšce  $290\text{ mm}$  od Země. Blok chladiče je umístěn na speciálně upraveném vozíku po 13 kusech. Vozíky s materiálem se nacházejí  $2\text{ m}$  od přípravku, na kterém se vzduchový chladič svařuje.



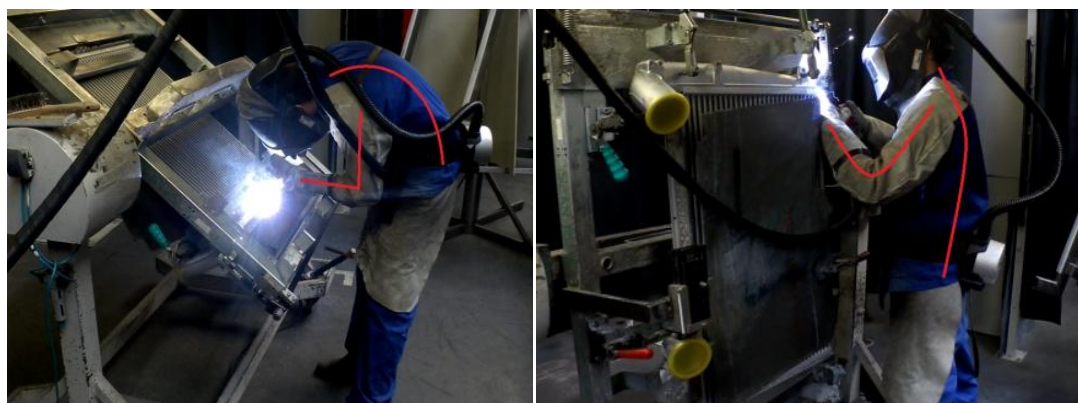
*Obr. 10 Umístění komponentů vzduchového chladiče*

Operátor při vyndávání horního a spodního víka se musí v některých případech postavit na špičky nohou, aby překonal 1300 mm okraj boxu a vyndal tak víko ze spodní části krabice. Během kompletace jednoho chladiče musí operátor udělat 36 kroků. Jelikož za směnu je nutnost vyrobit 44 – 50 kusů chladičů, operátor tak za pracovní směnu vykoná 1692 kroků. Z literatury je dáno, že 1 krok činí 0,7 m, je tak patrné, že operátor během směny vykoná 1190 m.



*Obr. 11 Vyndávání spodního víka chladiče z boxu*

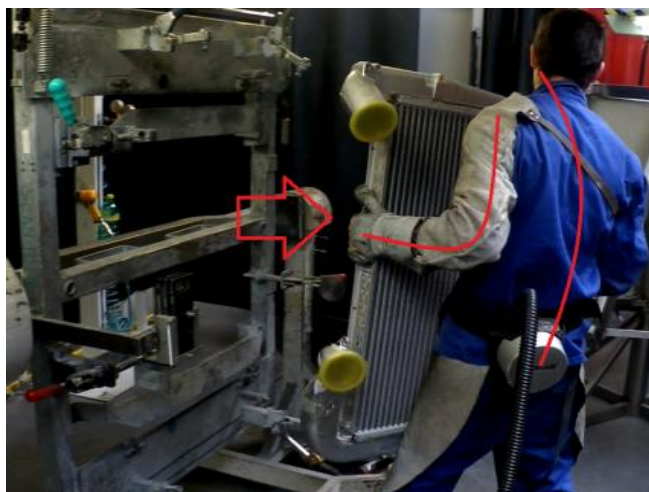
Při kompletaci jednoho chladiče se provádějí čtyři 680 mm svary, kdy jeden svar trvá 53 sekund. Svary je nutno zhotovit plynule bez přerušení, a proto zde není možnost během sváření si odpočinout, což vede k bolestem rukou a zad. Operátor za celkovou osmihodinovou pracovní směnu vytvoří 6,4 m svaru ve stojaté poloze s rukama vzpaženými více než 60° po dobu 1,4 hodiny a dalších 6,4 m svaru v předklonu o 60° za 1,4 hodiny.



*Obr. 12 Vizualizace pohybů při svařování metodou MIG*

Ačkoliv dynamické složky při vytváření jednotlivého svaru nepřekračují dobu 2 *minut*, jsou tyto polohy vzhledem k době a opakování vyhodnoceny na hranici mezi polohou nepříjemnou a polohou podmíněně přijatelnou.

Chladič po zhotovení váží 22,6 *kg*, měření u dílu M5666002. Během osmihodinové pracovní směny operátor ujde 1190 *m* a přemístí 1062,2 *kg* materiálu. Měřením zatížení pomocí EMG bylo zjištěno, že operátor vynakládá ke kompletaci vzduchového chladiče velké svalové síly a tím dochází k překročení hygienických limitů a to zejména, u pravého předloktí až 36,85 % $F_{max}$  a u levého předloktí 28 % $F_{max}$ . Průměrná hodnota % $F_{max}$  se při pravidelném prostřídávání operací pohybuje u svalových skupin předloktí v rozmezí 22 – 23 % $F_{max}$ .



*Obr. 13 Manipulace se vzduchovým chladičem*

Během analýzy svařovacího pracoviště, bylo po individuální komunikaci mezi operátory zjištěno, působení nepříznivých mikroklimatických vlivů, které mají negativní vliv na svářeče. Teplota na svařovacím pracovišti se pohybuje od 30°C a v letních měsících až do 34°C, zahrnu-li práci s těžkými břemeny, je tato mikroklimatická podmínka značně nevyhovující.

*Pozn. Během měření bylo na svařovacím pracovišti zhotovováno 47 kusů chladičů o průměrné hmotnosti 22,6 *kg* (M5666002).*

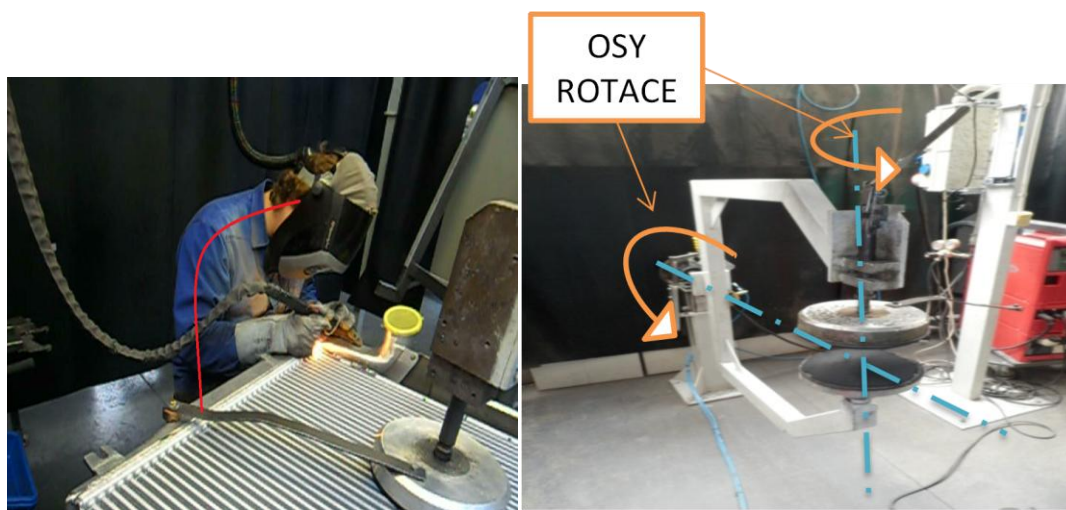


### 1.7.3 Operace 3 – Svařování metodou TIG

Po dokončení svařování metodou MIG a odložení zavařeného chladiče do otočného stojanu který je umístěn mezi jednotlivými operacemi je jako další operací svařování metodou TIG, neboli svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu.

Svařovací pracoviště je umístěno na  $7,54\text{ m}^2$ , kolem svého obvodu je chráněno nehořlavými zástěnami proti okolí a na pracovišti je zřízeno nucené odvětrávání a zařízen přívod čerstvého vzduchu do kukly svářeče. Operátor během této operace koná svařování vsedě v mírném předklonu menším, nebo rovném  $20^\circ$ , s chladičem upnutým v přípravku, který je otočný ve dvou osách. Díky tomuto přípravku odpadá nadměrné vynakládání fyzické zátěže při otáčení chladiče mezi jednotlivými svary.

Celková doba svařování jednoho vzduchového chladiče metodou TIG činí 6 *minut* a 31 *sekund*. V době měření bylo za pracovní směnu zhotoveno 47 kusů chladičů, z čehož vyplývá, že operátor vsedě v předklonu s rukama opřenýma o chladič a s jemným sevřením svařovací hubice a přídavného materiálu setrvává 5 hodin a 10 minut za osmihodinovou pracovní směnu. Tento způsob a doba předklonu při svařování vede k nepříjemným bolestem krční a bederní páteře. Práce je vykonávána vsedě v mírném předklonu do  $20^\circ$  s možností odpočinku mezi svary a protáhnutí se, a proto při ergonomické analýze nebyly naměřeny žádné faktory překračující hygienické limity.



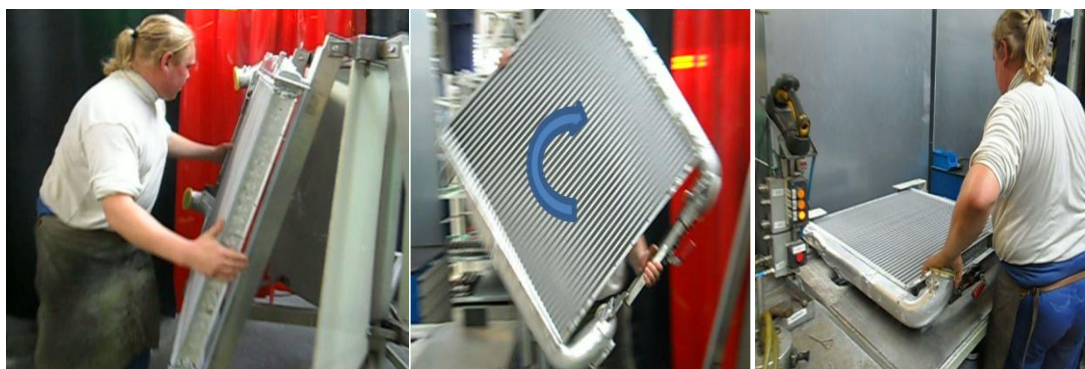
Obr. 14 Svařování metodou TIG

#### 1.7.4 Operace 4 – Zkouška těsnosti

Úspěšné zavaření vzduchového chladiče oběma metodami, je důležitou součástí správné funkce chladiče během provozu nákladních a autobusových dopravních prostředků.

Zkouška těsnosti se provádí ponořením chladiče do vodní lázně a spolu s připojenými zkušebními hlavice je provedena zkouška těsnosti o  $0,25\text{ MPa}$ . Takto vysoký tlak zaručí pevnost svarových spojů a také těsnost celého vzduchového chladiče. Neprojde-li chladič zkouškou těsnosti, je chladič označen a odevzdán k opravě.

Vzduchový chladič vyjmutý z otočného stojanu je položen na pracovní desku, která má pracovní rovinu vzdálenou  $0,8\text{ m}$  od země, z důvodu práce s těžkými břemeny. Operátor při vyjímání chladiče o  $22,6\text{ kg}$  ze stojanu se musí otočit o  $180^\circ$  a chladič odložit na pracovní desku. Při této rotaci s těžkými břemeny, dochází po delší době k lehkým bolestem zad.



*Obr. 15 Vizualizace pohybů při manipulaci se vzduchovým chladičem*

Po zjištění, zda vzduchový chladič není vlivem sváření zkroucen, je chladič přenesen z pracovní desky do  $2\text{ m}$  vzdálené vodní lázně, připojí zkušební hlavice a chladič se ponoří do vody, kde automaticky probíhá zkouška těsnosti.

Operátor při této zkoušce pracuje ve stoje spojené s přecházením po pracovní podložce, která zajišťuje pohodlný pohyb pro klouby, tudíž nedochází k bolestem dolních končetin. Při provádění práce jsou opakovaně zaujímány podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy a to zejména trupu a horních končetin.



Jedná se především o dynamické složky rotace trupu a vzpažení rukou o úhel větší než  $60^\circ$ . Tato manipulace nepřekračuje dobu delší než 1 minutu, a proto je zde zaujímána zejména podmíněně přijatelná poloha.



*Obr. 16 Vizualizace pohybů při zkoušce těsnosti*

Měření bylo provedeno na dílech U3641001 a M5666002. Během měření bylo zjištěno překračování hygienických limitů, zejména u těžších typů výrobků až  $42,97 \%F_{max}$ .

### **1.7.5 Operace 5 – Balící předpis**

Dřevěné boxy jsou dodány v rozloženém stavu na paletách. Tyto boxy musí operátor stavebnicově poskládat do sebe. Jednotlivé díly boxu jsou v rozmezí 5 až 20 kg.

Balení do boxů se provádí bezprostředně po zkoušce těsnosti. Chladič je vložen do dřevěných boxů o rozměrech 1200 mm x 800 mm x 1400 mm po 5 kusech. Následně je box zakryt víkem, obalen stahovací páskou, označen etiketou a na hydraulickém vozíku odvezen na vyznačené místo.

Při této analýze jsou zaujímány zejména podmíněně přijatelné polohy, a proto je toto pracoviště ergonomicky vhodné.



*Obr. 17 Vizualizace pohybu během balení do boxů*

## **2. NÁVRH ŘEŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVÍŠTĚ**

Návrh ergonomického uspořádání svařovacího pracoviště je především o zlepšení a odstranění nepříjemných poloh (velký předklon, záklon, ruce nad úroveň ramen, aj.). Cílem, je především zlepšit pracovní polohy, zlepšit pohyb po pracovišti a odstranit nebo zmenšit lokální svalovou zátěž, která se vyskytuje zejména na svařovacím pracovišti metodou MIG.

### **2.1 POŽADAVKY KLADENÉ NA ERGONOMII SVAŘOVACÍHO PRACOVÍŠTĚ**

Především prvním požadavkem, patrný z názvu práce je zlepšení stávajících podmínek, zmenšení namáhavosti během směny, zmenšení vykonané vzdálenosti a odstranění nepříjemných poloh během svařování. Pracoviště musí splňovat bezpečnostní předpisy, které jsou uvedeny v normě ČSN 05 0600, kterou se stanoví bezpečnostní ustanovení při svařování kovů. Řešení by dále mělo být technologicky možné a ekonomicky přijatelné.

### **2.2 TECHNICKÉ ZÁZEMÍ SVAŘOVACÍHO PRACOVÍŠTĚ**

Z prostorného a ekonomického hlediska, není možnost plné automatizace svařovacími roboty, neboť je dispozici jen plocha, na které se nachází stávající pracoviště.

Na pracovišti je zřízeno centrální odvětrávání škodlivin a čerstvý vzduch je přiváděn svářeči přímo do kukly. Podlaha je vyrobena z nehořlavého a nárazu vzdorného materiálu. Obvod pracoviště je chráněn nehořlavými zástěnami.

### **2.3 NÁVRH ZLEPŠENÍ ERGONOMIE SVAŘOVACÍHO PRACOVÍŠTĚ**

Cílem této práce je navrhnout možná opatření pro zlepšení ergonomie svařovacího pracoviště a docílit tak snížení, či odstranění lokální svalové zátěže.

### 2.3.1 Řešení 1 – Rotace zaměstnanců

Jedním z nejjednodušších a méně technologicky náročnějších řešení, je zde možnost rotace zaměstnanců. Zaměstnanci lze otáčet v průběhu směny po zhotovených kusech danou metodou, nebo v časových úsecích. Důležité je zde fakt, že zaměstnanci vykonávající svařování danou metodou, musí být řádně proškoleny o bezpečnosti na pracovišti a musí vlastnit svářečský průkaz pro danou metodu svařování, tedy ZK 141 21, svařování hliníku metodou TIG a ZK 131 21, svařování hliníku metodou MIG.

Jak bylo uvedeno výše, je zde potřebná znalost obou metod svařování, aby mohla být zrealizována rotace zaměstnanců. Ekonomický rozpočet vychází ze zaměstnanců, který nevlastní žádný svářečský průkaz. Jedním z nabídek svářečských kurzů, nabízí svářečská škola EVIG s.r.o. se sídlem v Liberci v ulici Ruprechtická. Tato svářečská škola nabízí široké spektrum kurzů a přezkoušení, včetně kurzů svařování MIG a TIG. Jelikož na lince Scania ve firmě Behr Czech s.r.o. se svařují chladiče z hliníku, je důležité vlastnit svářečský průkaz na danou metodu.

Základní kurz ZK 141 21, svařování metodou TIG (Hliník). V tomto kurzu je zahrnut 4 týdenní výukový kurz, který vychází na 10 725 Kč, za výuku a 5 100 Kč, za zkoušku. Výslednou cenou ZK 141 21 činí 15 825 Kč bez DPH (21%), tudíž celková cena včetně DPH činí 19 148 Kč. Za výuku jednoho zaměstnance.

Základní kurz ZK 131 21, svařování metodou MIG (Hliník). Tento kurz je stejně časově náročný jako kurz ZK 141 21, ačkoliv s rozdílnou cenou.

ZK 131 21 přijde na 13 625 Kč bez DPH, za výukovou část a 7 200 Kč bez DPH za výslednou zkoušku. Celková cena kurzu metodou MIG činí 20 825 Kč bez DPH.

Tabulka 4 : Ekonomický rozpočet svářečských průkazů

	Zaměstnanec 1	Zaměstnanec 2
ZK 141 21	15 825	15 825
ZK 131 21	25 198	25 198
Cena za oba kurzy	41 023	41 023
Celková cena bez DPH v Kč	82 046	

V ceně není započítána částka na přezkoušení pracovníků po uplynutí 2 let, jelikož přezkoušení lze řešit individuální formou, je tak možnost, že ceny budou odlišné.

Rotací zaměstnanců se nemusí složitě přeorganizovat uspořádání pracovního prostoru,lepší se psychika zaměstnance a zvýší se produktivita práce, neboť zaměstnanec bude měnit různorodost práce a nenastane tak stereotypnost, která má vliv, zejména na kvalitu práce a na tzv. pracovní pohodu. Další výhodou rotací zaměstnanců je snížení zatížení  $\%F_{max}$  a tím i snížení hygienických limitů.

### 2.3.2 Řešení 2 – Použití Balancéru

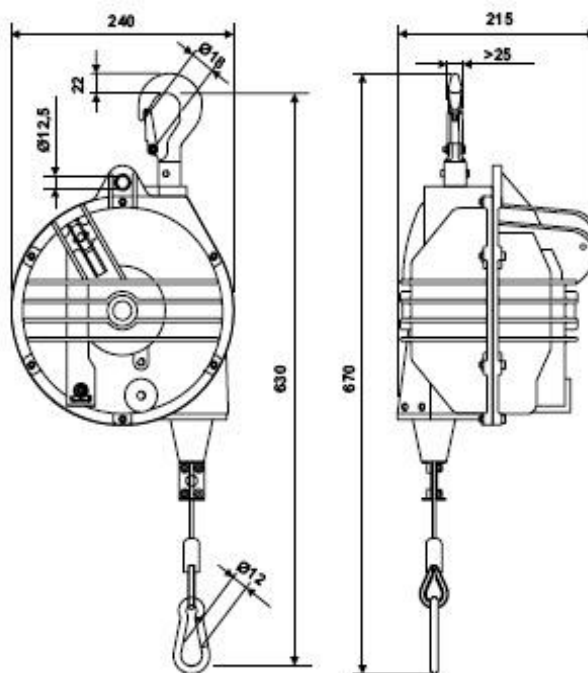
Balancér slouží k zavěšení náradí nebo břemen a k jeho snadnému dosažení z pracovní pozice. U balancéru se nastavuje vyvážení u kterého břemeno, nebo náradí se nevrací zpět do původní polohy, ale zůstává v poloze, do které byl nastaven, což nám umožňuje přesun svařeného chladiče do otočného stojanu s vynaložením mnohem menší síly, než při ručním přesunu. Balancéry snižují namáhavost práce, eliminují prostoje, a pomáhají zlepšit kvalitu práce.

Norma směny činí 44 – 50 vyrobených kusů chladičů o hmotnosti 22,7 kg, měřeno u dílu M5666002, operátor při přemísťování chladiče ruční silou přenesení za pracovní směnu 1135 kg. Uvážím-li při výpočtu 50 kusů o hmotnosti 22,7 kg.

Největší námahou tak tvoří přesun chladiče ze svařovacího přípravku na další stanoviště. Jelikož balancér z výroby na sobě nenese žádnou kladku, či jakýkoliv posuvný systém, je zde nutnost vytvoření konstrukce, na kterou se umístí jezdící kladka a na tuto kladku se připojí balancér, který tak bude schopný posuvu. Chladič se po zavaření připojí na lanko balancéru po kladce se přesune do otočného stojanu, odepne se balancér a přesune se zpět na počáteční místo, tj. nad svařovací přípravek. Touto manipulací se nepatrně prodlouží doba přesunu, ale naopak se ulehčí a zpříjemní manipulace s hotově zavařeným vzduchovým chladičem.

Hmotnost svařovaných břemen se pohybuje okolo 20 – 25 kg, proto bude dobré, konstrukci dimenzovat na 35 kg, abychom zamezili případnému přetížení, nebo pracovnímu úrazu. Balancér lze pořídit v různých délkách odtahu a v různých nosnostech. Pro dané pracoviště volím balancér od italské firmy TECNA řady 936x, který disponuje odtahem 2000 mm a nosností v rozmezí 25 – 30 kilogramů,

předimenzováno z důvodu bezpečnosti. Balancér řady 936x má stavbu skříně z hliníkového monobloku s ocelovým lankem, který se pohybuje bez tření a je schopen precizně nastavit nosnost nekonečným šroubem. Čepy jsou uloženy v kuličkových ložiscích. Balancér je též vybaven pojistkou zabráňující pádu břemene při prasknutí pružiny a pojistné vedlejší závěsné oko. Cena balancéru je 16 075 Kč.

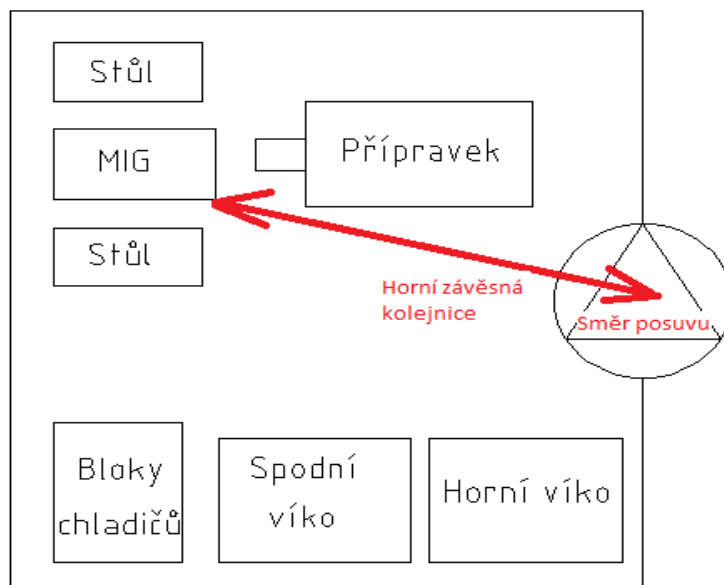


*Obr. 18 Balancér TECNA 936x*

Aby balancér byl schopen posuvu, je zde nutné přidat kolejnice, po kterých balancér s připojeným chladičem se bude pohybovat. Pohyb s připojeným chladičem musí být plynulý bez zasekávání a nesmí omezovat ani ohrožovat při práci. Směr, po kterém se bude balancér pohybovat bude přímočarý od svařovacího přípravku, k otočnému stojanu, který se nachází mezi jednotlivými pracovišti. Pokud by zvolená cesta pohybu vyžadovala určité ohyby, posuv po této cestě, by mohl v ohybech vyvolat zasekávání a manipulace s břemenem by se tak mohla jevit velmi nepříznivě.

Zde využijí znalost dveřních vrat a konstrukcí a použijí komponenty, které slouží pro montáž závěsných dveří. Pojezdové kolejnice a vozík pro balancér použijí od Firmy DsTechnik se sídlem v Českých Budějovicích. Pojezdové kolejnice jsou dodávány v rozměrech 31 mm x 34 mm x 6000 mm. Kolejnicí tak lze upravit na libovolnou potřebnou délku. Do pojezdové kolejnice se vloží čtyř kolečkový závěsný vozík, který disponuje nosností až 60 kg. Na závěsný vozík se našroubuje šroubovací

o 360° otočné oko a do tohoto oka se připojí balancér. Volím šroubovací otočné oko o 360° z důvodu eliminace překroucení při rotaci u pohybu s připojeným chladičem a následného překroucení závěsného oka. Šroubovací závěsné oko od firmy Tedox s.r.o. se dodává ve dvou modifikacích VRS a VRM. Pro návrh nejvíce vyhovuje modifikace VRM, což je závěsné oko, které lze našroubovat na potřebný metrický závit. Jelikož závěsné oko VRM nejvíce vyhovuje pro druh tohoto použití, zanedbám tak pohled na jeho předimenzovanou nosnost.



Obr. 19 Schéma umístění pojezdové kolejnice

### Horní závěsná kolejnice 339 P

Cena bez DPH: 799 Kč

Cena s DPH: 967 Kč

### Parametry

Rozměry 31 mm x 34 mm x 6000 mm



Obr. 20 Horní závěsná kolejnice

### Čtyřkolečkový závěsný vozík 331P 24

Cena bez DPH: 139 Kč

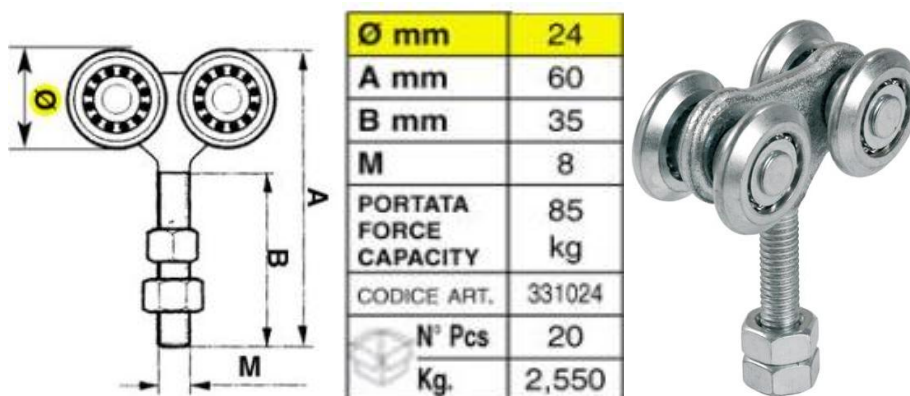
Cena s DPH: 168 Kč

#### Parametry

Vozík je vhodný pro kolejnice 339 P

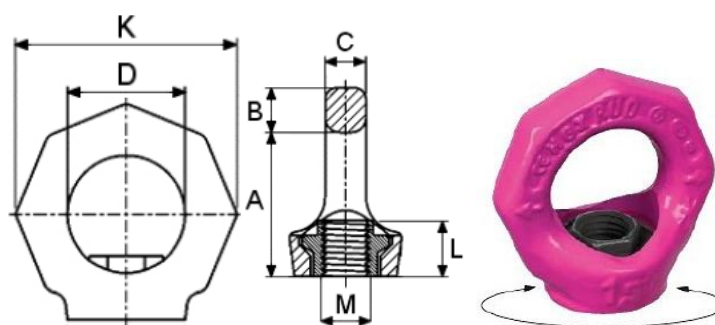
Vyroben z kvalitního kovu s povrchovou úpravou.

Nosnost max. 60 kg



Obr. 21 Čtyř kolečkový závěsný vozík

### Šroubovací otočný bod VRM



Obr. 22 Šroubovací otočný bod VRM

Tabulka 5 : Parametry šroubovacího otočného bodu VRM

Typ	Rozměry závitu		Rozměry v mm					Cena (Kč)
	Stoupání závitu	Délka závitu L (mm)	A	B	C	D	K	
VRM M8	M8 x 1,25	14	34	11	8,5	25	47	773.-



Celková cena zádržného systému pro jedno pracoviště činí 17 983 Kč s DPH.

Použitím tohoto systému se usnadní manipulace se vzduchovými chladiči a eliminuje se tak nadměrná fyzická zátěž, která vzniká zejména při přesunu vzduchového chladiče o hmotnosti 22.7 kg ze svařovacího přípravku do otočného stojanu. Obsluze tak odpadá ruční přesun 1062 kg za pracovní směnu.

Nevýhodou použití tohoto systému může být nepatrný časový prostoj, který vznikne při upevňování vzduchového chladiče na balancér.

### 2.3.3 Řešení 3 – Ergonomické uspořádání pracoviště

Dalším z návrhů je možnost reorganizace pracoviště, detailní analýzou svařovacího pracoviště se dalo zjistit, že operátor během výkonu své práce provádí velké množství nepřidané hodnoty.

Komponenty pro zhotovení vzduchového chladiče jsou dodávány zabalené v igelitu v papírových boxech po 60 kusech o rozměrech 1200 mm x 1000 mm x 1000 mm. Jedním z operací nepřidané hodnoty je nutnost rozbalení celé přivezené dodávky s kontrolou žlutých plastových víček Obr. 23, které se musejí při předávce zkontrolovat.

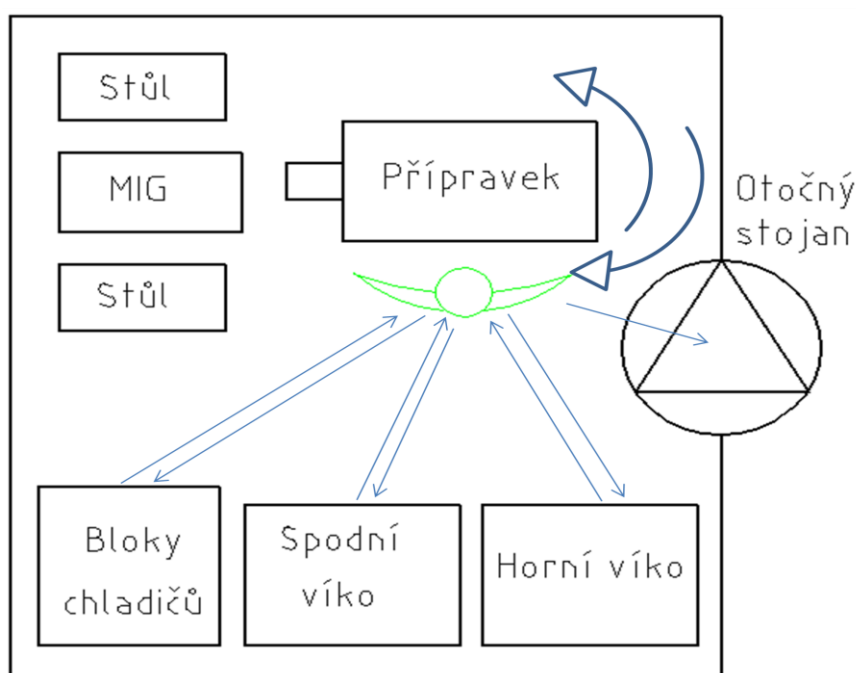


Obr. 23 Uložení vík v boxech

*Pozn.: Nepřidanou hodnotou se rozumí aktivita, která výrobku nepřidává hodnotu a zákazník za ní není ochoten platit.*

Při návrhu zlepšení, je důležité, aby přeorganizováním pracoviště nevznikly žádné jiné nežádoucí aspekty přímo související s kompletací chladiče a neprodloužila se tak doba zhotovení. Operátor kompletující 47 chladičů za směnu musí překonat 1 190 m s 22,7 kilogramovým vzduchovým chladičem, což činí 1067 kg za směnu.

Současný stav pracoviště je rozvržené na 24 m<sup>2</sup>, operátor tak musí vykonat mnohem více kroků, než je potřeba ke zhotovení vzduchového chladiče. Operátor během jednoho výrobního cyklu ujde přibližně 40 kroků spojené s nepříjemnými ohyby do boxů pro potřebné komponenty.



*Obr. 24 Layout současného pohybu operátora na svařovacím pracovišti metodou MIG*

Úprava a ergonomické řešení pracoviště spočívá v přemístění a úpravě dosud stávajících boxů, ve kterých se nacházejí potřebné komponenty ke svaření chladiče. Zejména pak budou odstraněna nepotřebná odkládací místa, která nejsou při svařování využita.

Svařovací přípravek bude ponechán na stejném místě, neboť nad ním je zřízen centrální odvětrávací systém, který by při přesunu vyžadoval značné ekonomické výdaje. Protože na ručním svařovacím pracovišti na lince Scania se svařují především těžká břemena, je tak vhodné prostředí upravit na co nejmenší možný

počet vykonaných kroků za směnu a odstranit nevhodné pozice při vyndávání dílů z boxů. Břemena na této lince se pohybují od 15 do 30 kg.

Na pracovišti se nacházejí dva stoly o rozměrech 1100 mm x 500 mm, stoly nijak neslouží a nepřispívají ke zhotovení chladiče, či odkládání osobních věcí svářeče, a proto stoly lze odstranit, čímž se umožní přístup ke svařovacímu přípravku z boku. Přemístěním vozíku s bloky chladičů do těchto míst, se zkrátí dlouhé diagonální chození pro jednotlivé bloky a odstraní celkovou rotaci trupu při jeho vyzvednutí a odnesení do svařovacího přípravku. Vozík s bloky musí být co nejpřístupnější, neboť bloky chladičů jsou dodávány pouze po 13 kusech a vozík je tak často měněný. Umístěním do těchto míst usnadní přístup jak operátorovi při odebírání chladičů tak při výměně vozíků.

Odstraněním druhého stolu z pracoviště vznikne rohové místo na svářecí poloautomat MIG. Přesunutím svářečského poloautomatu do rohu pracoviště se eliminuje potenciální možnost jeho poškození při manipulaci s břemeny a bude lépe zpřístupněn obsluze. Bowden od svařovacího poloautomatu bude umístěn do vzduchu a zavěšen pomocí balancéru. Takto umístěná kabeláž bude chráněna proti poškození a propálení od odlétající strusky a usnadní pohyb se svařovacím hořákem. Systém držení kabeláže pomocí balancéru je již na svařovacím pracovišti k dispozici.



*Obr. 25 Systém držení svařovací kabeláže pomocí balancéru*

Přístup z druhé strany se ponechá volný, neboť chladiče jsou svařovány individuální formou a v některých případech operátor svařovací přípravky obchází a následné svary zavařuje z druhé strany. Volný přístup z druhé strany bude také sloužit jako únikový otvor o minimální vzdálenosti 0,8 m.

Víka chladiče jsou přiváženy ve dvou boxech na dvou vozíkách 2850 mm od země. Vozíky jsou do sebe spojeny pomocí čepu. Při přemístění těchto vozíků s komponenty, se musí brát ohled na jeho spojení a snadnost výměny, neboť tato dodávka je načasována k výměně obou vík najednou. Tyto boxy s víky se přemístí blíže ke svařovacímu přípravku do vhodné vzdálenosti, aby operátor při vyjímání těchto dílů nepřekonával velkou vzdálenost.

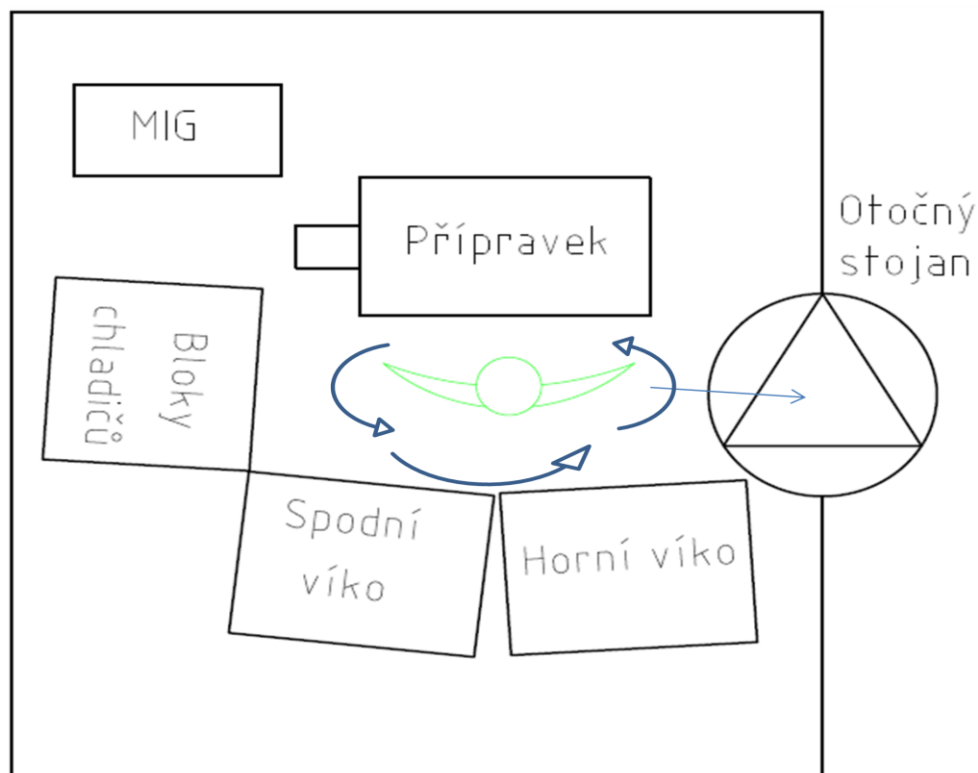


*Obr. 26 Umístění vozíku s víky na svařovacím pracovišti*

Přemístěním boxů s díly blíže se zjednoduší zakládání dílů do svařovacího přípravku a vznikne prostor, ve kterém se operátor bude pohybovat pouze rotací trupu s minimální vykonanou vzdáleností.

*Pozn.: Vhodnou vzdáleností se myslí vzdálenost taková, ve které operátor nevykonává dlouhé přemísťování s břemeny a nevykonává nepříjemné polohy.*

Otočný stojan, který slouží na přesun kompletně zavařeného chladiče danou metodou do dalšího pracoviště, se ponechá na stávajícím místě, neboť nelze přemístit do jiných míst z důvodu jasně daného následujícího pracoviště.



*Obr. 27 Layout nově navrženého svařovacího pracoviště metodou MIG*

Víka budou uložena v boxech, které budou opatřeny přední výklopnou stranou pro snadný přístup a jednotlivé díly budou již vybaleny a připraveny na založení do svařovacího přípravku. Díky úpravě boxů bude odstraněno nepříjemné ohýbání přes hranu a vybalování dílů, které způsobují časové prostoje.

Přeorganizováním pracoviště se zkrátí vykonávaná vzdálenost, počet kroků a odstraní se nepříjemné pohyby při předklánění do boxů. Všechny komponenty na zhotovení vzduchového chladiče budou ihned a přehledně k dispozici. Reorganizací pracoviště se sníží časové prostoje, které vznikaly zdlouhavým přemístěním a zkrátí se pohyb po pracovišti.

#### 2.3.4 Řešení 4 – Manipulační vozík pro přesun vzduchového chladiče

Další alternativou zmenšení fyzické zátěže při manipulaci s těžkými břemeny je použití manipulačního vozíku, který bude sloužit pro přemístění vzduchového chladiče od přípravku na další stanoviště, a také bude sloužit stejným způsobem jako otočný odkládací stojan mezi jednotlivými operacemi.

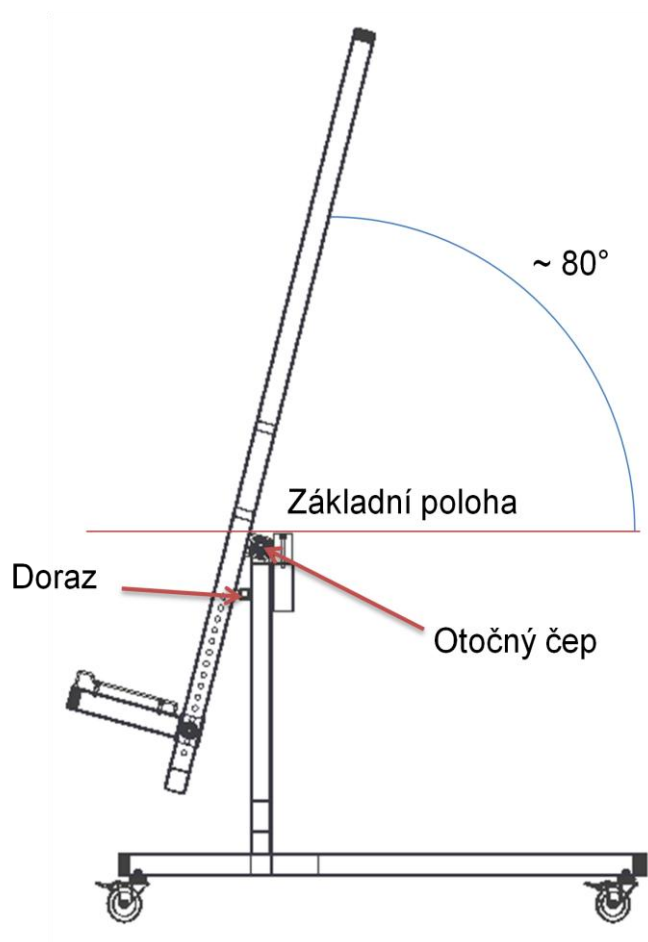
Operátor po zavaření chladiče metodou MIG přiloží vozík pod svařovací přípravek, zvedne horní část a chladič sesune na opěrnou část vozíku, poté se horní část vrátí do základní polohy. Vozík se vzduchovým chladičem se převezí na místo, kde byl umístěn otočný stojan a vozík se ponechá na tomto místě. Chladič je pak následně připraven na vozíku k finálnímu zavaření metodou TIG.



*Obr. 28 Manipulační vozík pro přesun vzduchových chladičů*

Vozík bude zhotoven z normalizovaných profilů čtvercového průřezu o rozměrech 40 mm x 40 mm x 2 mm dle normy ČSN 42 6935 z materiálu 11 373.0. Konstrukce bude spojena svařením profilů a ošetřena nátěrem proti korozi.

Z důvodu snadného naložení břemene bude vozík vybaven výklopnou horní částí v rozsahu od  $0^\circ - 80^\circ$ . Pohyb výklopné části bude řešen pomocí normalizovaných čepů s hlavou s označením ČEP 24 x 80 x 6,3 B ISO 2341 a zajištěn závlačkou ISO 1234. Takto řešená konstrukce odstraní těžké přenášení břemen, nepříjemné polohy při vyndávání chladiče z přípravku a sníží lokální svalovou zátěž.

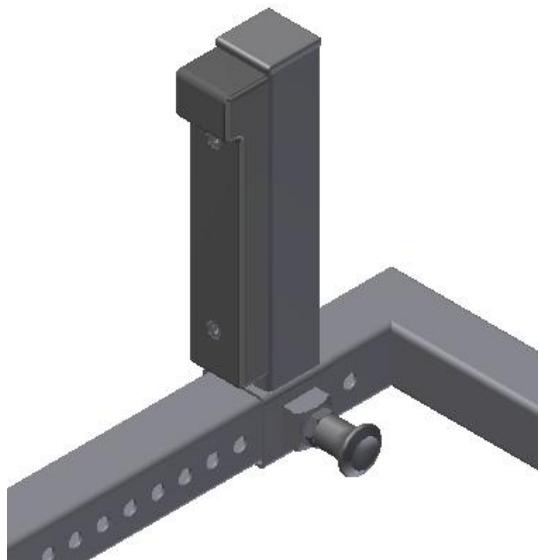


*Obr. 29 Rozsah ohybu horní části vozíku*

Jelikož se ve firmě BEHR Czech s.r.o. svařuje několik různých vzduchových chladičů, které se liší jak velikostí tak především váhou, je zde kladen důraz na určitou univerzálnost vozíku z hlediska výšky, a proto vozík bude opatřen opěrným stavitelným systémem umístěn na horní pohyblivé části, který vyhoví všem variantám vzduchových chladičů.

Variabilita opěr bude řešena pomocí přivařené matice M16 DIN 557 na profil. Uzamčení opěr bude řešeno pomocí pružinového ovládacího pístku od firmy moss-express. Na opěrnou konstrukci bude připevněna pomocí šroubů M6 x 20 ČSN 02

1143 B technická pryž z polyamidu, aby nedocházelo k poškození chladiče při jeho přendávání ze svařovacího přípravku na vozík.



*Obr. 30 Variabilní opěrný systém na chladič*

Celková konstrukce bude postavena na čtyři pojezdová kolečka s brzdou od firmy moss-express, která disponují nosností 75 kg a která zaručí snadný a plynulý pohyb po svařovacím pracovišti.



*Obr. 31 Pojezdové kolo*

Použitím vozíku se odstraní ruční manipulace s těžkými břemeny, odstraní se nepříjemná rotace trupu a docílí se snížení nadměrné fyzické zátěže, které při manipulaci vznikaly.

Jelikož se v této práci nejedná o konstrukční návrh, nýbrž o návrh možného zlepšení řešení, není zde proveden pevnostní výpočet konstrukce.



### 3. VOLBA VHODNÉ VARIANTY

Porovnáním jednotlivých variant a následného výhledu do budoucnosti firmy Behr Czech s.r.o. je zvolena varianta, která je schopna být v určitém rozsahu univerzálním řešením pro velké spektrum vzduchových chladičů.

Prvním možným řešením snížení lokální svalové zátěže je možnost rotace zaměstnanců společně s doplněním přestávek 5 minut po každých 2 hodinách. Tato varianta je nejjednodušším možným řešením ke snížení  $\%F_{max}$ . Použitím této varianty se neodstraní vzniklý problém s lokální svalovou zátěží, ale dojde pouze ke snížení. V případě změny ve velikosti a váze vzduchového chladiče, by byl tento problém opět vystaven řešení.

Jako druhá a třetí alternativa návrhu zlepšení ergonomie na svařovacím pracovišti je spojena s určitou konstrukční a technologickou úpravou pracoviště. Ačkoliv druhá a třetí varianta by výrazně zlepšila produktivitu práce a odstranila by tak svalové přetížení operátorů, není v určité míře tak univerzální jak by v budoucnosti bylo potřeba. Tyto dvě alternativy lze využít na ručních svařovacích pracovištích, kde se svařují chladiče lehčích až středně těžkých typů.

S ohledem na výše zmíněné varianty a různorodost rozměru a váhy chladiče je zvolena varianta čtvrtá – Manipulační vozík pro přesun vzduchového chladiče. Tato varianta řeší výše uvedené nedostatky ohledně váhy chladiče a je ve velkém spektru univerzální na všechny druhy svařovaných chladičů ve firmě Behr Czech s.r.o. Ke zvolené variantě je zhotovena výkresová dokumentace přiložená v příloze.

#### **4. ZÁVĚR**

Cílem mé bakalářské práce bylo ergonomické přezkoumání svařovacího pracoviště a navrhnout možná zlepšení ergonomie ručního svařovacího pracoviště vzduchových chladičů a u zvolené varianty vypracovat výkresovou dokumentaci.

Na základě přezkoumání pracoviště a možnosti odzkoušení přímo ve výrobě, byly navrženy čtyři technologicky a ekonomicky dostupné varianty, které snižují, nebo v některých případech odstraňují lokální svalovou zátěž a odstraňují nepříjemné polohy, které vznikají na ručním svařovacím pracovišti vzduchových chladičů na lince Scania ve firmě Behr Czech s.r.o.

Varianty jsou navrženy tak, aby při jejich použití nedocházelo k časovým prostojeům, ke snížení produktivity práce či ke složité manipulaci s navrženými prostředky. Při návrhu variant, byl zejména brán ohled na zaměstnance firmy Behr Czech s.r.o., aby tyto možné návrhy usnadnily a zpříjemnily práci na lince Scania.

S ohledem na různorodost vzduchových chladičů byla zvolena poslední varianta tj. Vozík pro manipulaci vzduchových chladičů. Ke zvolené variantě byla vypracována výkresová dokumentace, která je součástí přílohy této práce.

## Seznam obrázků

- Obr. 1 Společnost Behr Czech s.r.o.
- Obr. 2 EMG z m. biceps a m. triceps brachii při střídavých kontrakcích
- Obr. 3 Nesprávná manipulace s břemeny
- Obr. 4 Správná manipulace s břemeny
- Obr. 5 Optimální poloha trupu
- Obr. 6 Optimální sklon hlavy
- Obr. 7 Optimální poloha horních končetin
- Obr. 8 Layout ručního svařovacího pracoviště na lince Scania Behr Czech s.r.o.
- Obr. 9 „Vlakař“ ve firmě Behr Czech s.r.o.
- Obr. 10 Umístění komponentů vzduchového chladiče
- Obr. 11 Vydávání spodního víka chladiče z boxu
- Obr. 12 Vizualizace pohybů při svařování metodou MIG
- Obr. 13 Manipulace se vzduchovým chladičem
- Obr. 14 Svařování metodou TIG
- Obr. 15 Vizualizace pohybů manipulace se vzduchovým chladičem
- Obr. 16 Vizualizace pohybů při zkoušce těsnosti
- Obr. 17 Vizualizace pohybů během balení do boxů
- Obr. 18 Balancér TECNA 936x
- Obr. 19 Schéma umístění pojezdové kolejnice
- Obr. 20 Horní závěsná kolejnice
- Obr. 21 Čtyř kolečkový závěsný vozík
- Obr. 22 Šroubovací otočný bod VRM
- Obr. 23 Uložení vík v boxech
- Obr. 24 Layout současného pohybu operátora na svařovacím pracovišti metodou MIG
- Obr. 25 Systém držení svařovací kabeláže pomocí balancéru
- Obr. 26 Umístění vozíky s víky na svařovacím pracovišti
- Obr. 27 Layout nově navrženého svařovacího pracoviště metodou MIG
- Obr. 28 Manipulační vozík pro přesun vzduchových chladičů
- Obr. 29 Rozsah ohybu horní části vozíku
- Obr. 30 Variabilní opěrný systém na chladič
- Obr. 31 Pojezdové kolo

## Seznam použité literatury

- [1] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. vyd. Praha: ČVUT, 2007
- [2] CHUNDELA, L. *Ergonomie v praxi*. Vyd. Praha 1984
- [3] SVOBODA, J. *Teorie dopravních prostředků. Vozidla silniční a terénní*. Vyd. Praha: ČVUT 1986
- [4] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., *který se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*.
- [5] MAREK, J., SKŘEHOT, P., *Základy aplikované ergonomie*. vyd. Výzkumný ústav bezpečnosti práce v Praze 2009
- [6] Technické normy, <http://www.technickenormy.cz/>
- [7] Svářečská škola EVIG s.r.o., <http://www.evig.cz/>
- [8] Mechanické díly bran a vrat, <http://www.dstechnik.cz/>
- [9] Společnost B2B Partner s.r.o., <http://www.b2bpartner.cz/>
- [10] Otevřená encyklopedie., <http://www.wikipedia.cz/>
- [11] Alutec K&K., katalog Al profilů a příslušenství, <http://www.aluteckk.cz/>
- [12] Moss-express, katalog produktů, <http://www.moss-express.cz/>
- [13] LEINVEBER, J., VÁVRA, P., *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2008
- [14] PUSTKA, Z, *Základy konstruování*. Vyd. TUL 2009

## Seznam příloh:

Příloha 1: Protokol o měření lokální svalové zátěže

## Poznámka:

Výkresy jsou umístěny na zadní straně desek bakalářské práce.